Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”
Facoltà di Ingegneria

Programmazione di applicazioni di rete con socket - parte 2

Corso di Sistemi Distribuiti

Valeria Cardellini
Anno accademico 2008/09

Formato dei dati

- La comunicazione deve tener conto della diversa rappresentazione dei dati
  - Rappresentazione in Big Endian e Little Endian
  - Soluzione usata dai socket: network byte order (Big Endian)
- Due soluzioni per il formato dei dati
  - Soluzione usata dai socket: si trasmettono soltanto sequenze di caratteri
    - Per trasmettere un valore numerico, lo si converte in una sequenza di caratteri e poi si invia la stringa
    - Il peer conosce il tipo di dati che deve aspettarsi e lo converte nel formato opportuno (ad es. sscanf() per convertire da stringa in valore numerico)
  - In alternativa, si definisce una rappresentazione standard dei dati
    - Ad esempio, XML per SOAP

getsockname() e getpeername()

```
int getsockname(int sockfd, struct sockaddr *localaddr, socklen_t *addrlen);
int getpeername(int sockfd, struct sockaddr *peeraddr, socklen_t *addrlen);
```

- Forniscono indirizzo IP/porta associati ad un socket
  - getsockname: indirizzo IP/porta locali associati al socket (semi-associazione locale)
  - getpeername: indirizzo IP/porta remoti associati al peer (semi-associazione remota)
- getsockname utilizzata dal client per conoscere:
  - l'indirizzo IP ed il numero di porta locali assegnati dal kernel
- getsockname utilizzata dal server per conoscere:
  - il numero di porta locale, se scelto dal kernel (bind() con porta 0)
  - l'indirizzo IP su cui ha ricevuto la richiesta (dopo accept() sul socket di connessione)
- Per conoscere l'indirizzo IP e la porta del client, il server usa accept()
- Attenzione: localaddr, peeraddr e namelen sono argomenti valore-risultato

Parametri valore-risultato

- Sono variabili passate per riferimento usate sia per passare argomenti alla funzione che per ricevere dei risultati
- Ricordarsi di definire la dimensione di sockaddr prima di invocare funzioni con parametri valore-risultato
  - accept, recvfrom, getsockname, getpeername
  - Vedi esempio successivo

Esempio getXXXXname() - server

```
…
 /* Dopo la funzione listen() */
 /* Indirizzo IP e numero di porta assegnati al socket di ascolto */
 servaddr_len = sizeof(servaddr);
 getsockname(listensd, (struct sockaddr *)&servaddr, &servaddr_len);
 printf("Socket di ascolto: indirizzo IP %s, porta %d\n",
         (char *)inet_ntoa(servaddr.sin_addr), ntohs(servaddr.sin_port));

 for ( ; ; ) {
  cliaddr_len = sizeof(cliaddr);
  if ((connsd = accept(listensd, (struct sockaddr *)&cliaddr, &cliaddr_len)) < 0) {
   perror("errore in accept");
   exit(1);
  }
  /* Indirizzo IP e numero di porta assegnati al socket di connessione */
  getsockname(connsd, (struct sockaddr *) &servaddr, &servaddr_len);
```


Esempio getXXXXname() – server (2)

```
 printf("Socket di connessione: indirizzo IP %s, porta %d\n",
         (char *)inet_ntoa(servaddr.sin_addr), ntohs(servaddr.sin_port));
 /* Indirizzo IP e numero di porta del client: non serve chiamare getpeername */
 printf("Indirizzo del client: indirizzo IP  %s, porta %d\n",
         inet_ntoa(&cliaddr.sin_addr, buff, sizeof(buff)), ntohs(cliaddr.sin_port));
 if( (pid = fork()) == 0 ) {
 ….
```

Esempio getXXXXname() - client

```
…
if (connect(sockd, (struct sockaddr *) &servaddr, sizeof(servaddr)) < 0) {
  perror("errore in connect");
  exit(1);
}
/* Indirizzo IP e numero di porta assegnati dal S.O. alla connessione con
   endpoint identificato da sockd */
localaddr_len = sizeof(localaddr);
getsockname(sockd, (struct sockaddr *) &localaddr, &localaddr_len);
printf("Indirizzo locale: indirizzo IP %s, porta %d\n",
        (char *)inet_ntoa(localaddr.sin_addr), ntohs(localaddr.sin_port));

/* Indirizzo IP e numero di porta del peer; l'altro endpoint è identificato dal
   socket di connessione del server e non dal socket di ascolto.  */
peeraddr_len = sizeof(peeraddr);
getpeername(sockd, (struct sockaddr *) &peeraddr, &peeraddr_len);
printf("Indirizzo del peer: indirizzo IP %s, porta %d\n",
        (char *)inet_ntoa(peeraddr.sin_addr), ntohs(peeraddr.sin_port));
….
```


Le opzioni dei socket

- L'API socket mette a disposizioni due funzioni per gestire il comportamento dei socket

```
int setsockopt(int sockfd, int level, int optname, const void *optval,
socklen_t optlen);

int getsockopt(int sockfd, int level, int optname, void *optval,
socklen_t *optlen);
```

- setsockopt() per impostare le caratteristiche del socket
- getsockopt() per conoscere le caratteristiche impostate del socket
- Entrambe le funzioni restituiscono 0 in caso di successo, -1 in caso di fallimento

Funzione setsockopt()

- Parametri della funzione setsockopt()
  - sockfd: descrittore del socket a cui si fa riferimento
  - level: livello del protocollo (trasporto, rete, …)
    - SOL_SOCKET per opzioni generiche del socket
    - SOL_TCP per i socket che usano TCP
  - optname: su quale delle opzioni definite dal protocollo si vuole operare (il nome dell'opzione)
  - optval: puntatore ad un'area di memoria contenente i dati che specificano il valore dell'opzione da impostare per il socket a cui si fa riferimento
  - optlen: dimensione (in byte) dei dati puntati da optval

Alcune opzioni generiche

- Analizziamo alcune opzioni generiche da usare come valore per optname:
  - SO_KEEPALIVE: per controllare l'attività della connessione (in particolare per verificare la persistenza della connessione)
    - optval è un intero usato come valore logico (on/off)
  - SO_RCVTIMEO: per impostare un timeout in ricezione (sulle operazioni di lettura di un socket)
    - optval è una struttura di tipo timeval contenente il valore del timeout
    - utile anche per impostare un tempo massimo per connect()
  - SO_SNDTIMEO: per impostare un timeout in trasmissione (sulle operazioni di scrittura di un socket)
    - optval è una struttura di tipo timeval contenente il valore del timeout
  - SO_REUSEADDR: per riutilizzare un indirizzo locale; modifica il comportamento della funzione bind(), che fallisce nel caso in cui l'indirizzo locale sia già in uso da parte di un altro socket
    - optval è un intero usato come valore logico (on/off)
    - Occorre impostare l'opzione prima di chiamare bind()

Esempio opzione SO_REUSEADDR

```
…
int reuse = 1;
if ((listensd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0) {
    perror("errore creazione socket");
    exit(1);
}
if (setsockopt(listensd, SOL_SOCKET, SO_REUSEADDR, &reuse,
                    sizeof(int)) < 0) {
    perror("errore setsockopt");
    exit(1);
}
if (bind(listensd, (struct sockaddr *)&sad, sizeof(sad)) < 0) {
    perror("errore bind");
    exit(1);
} …
```


Risoluzione dei nomi: il DNS

- Domain Name System (DNS): servizio di traduzione tra hostname ed indirizzi IP
- Entry del DNS chiamata resource record (RR); tra i principali tipi di RR:
  - A (address): traduzione da hostname a indirizzo IP (32 bit)
  - PTR (pointer record): traduzione da indirizzo IP a hostname
  - MX (mail exchanger)
  - CNAME (canonical name): un alias per il nome
  - NS (name server): i name server responsabili per un nome
  - SOA (start of authority): replica del database dell'intero dominio
- Ai RR è associato un Time-To-Live (TTL) o timeout
  - Caching dei RR nei name server intermedi
- BIND è la principale implementazione di DNS
- Comando dig per interrogare il DNS

dig [@nameserver] [opzioni] [nome_risorsa] [tipo_di_richiesta] [ulteriori_opzioni]

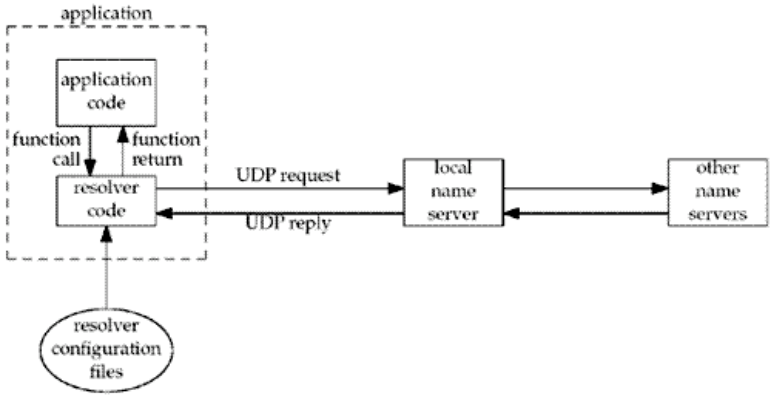
Esempio comando dig

dig @dns.uniroma2.it www.ce.uniroma2.it A

```
; <<>> DiG 9.3.2 <<>> @dns.uniroma2.it www.ce.uniroma2.it A
; (1 server found)
;; global options: printcmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 45699
;; flags: qr aa rd; QUERY: 1, ANSWER: 2, AUTHORITY: 2, ADDITIONAL: 2

;; QUESTION SECTION:
; www.ce.uniroma2.it.          IN      A

;; ANSWER SECTION:
www.ce.uniroma2.it.     3600  IN      CNAME   claudius.ce.uniroma2.it.
claudius.ce.uniroma2.it. 3600 IN      A       160.80.85.34

;; AUTHORITY SECTION:
ce.uniroma2.it.         3600  IN      NS      copernico.uniroma2.it.
ce.uniroma2.it.         3600  IN      NS      dns.uniroma2.it.

;; ADDITIONAL SECTION:
dns.uniroma2.it.        3600  IN      A       160.80.1.8
copernico.uniroma2.it.  3600  IN      A       160.80.2.5

;; Query time: 27 msec
;; SERVER: 160.80.1.8#53(160.80.1.8)
;; WHEN: Fri Oct 3 00:02:02 2008
;; MSG SIZE rcvd: 149
```


Risoluzione dei nomi: il resolver

- Resolver: insieme di routine fornite con le librerie del C per gestire il servizio di risoluzione di nomi associati a identificativi o servizi relativi alla rete
- Nomi di: domini, servizi, protocolli, rete
  - Principali file di configurazione in Linux:
    /etc/hosts: associazioni statiche
    /etc/resolv.conf: indirizzi IP dei server DNS da contattare
    /etc/host.conf: ordine in cui eseguire la risoluzione



Funzioni per la risoluzione dei nomi

- Per determinare l'indirizzo IP corrispondente al nome del proprio host

  int gethostname(char *name, size_t size);

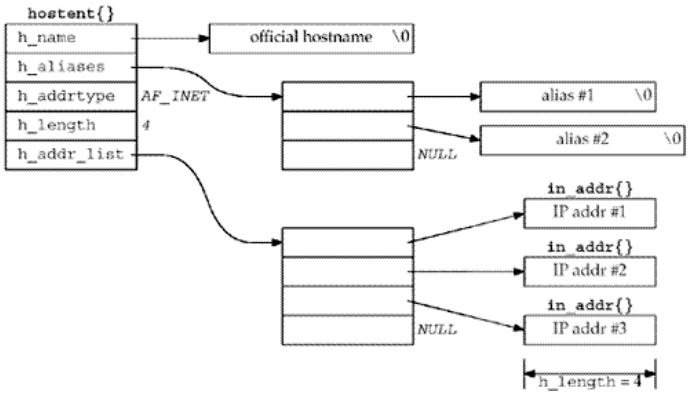
- Per determinare l'indirizzo IP (solo IPv4) corrispondente al nome di dominio di un host tramite DNS

  struct hostent *gethostbyname(const char *name);

- Dichiarazione dei prototipi delle funzioni e degli altri simboli in netdb.h

Struttura hostent

```
struct hostent {
        char *h_name;           /* nome ufficiale dell'host */
        char **h_aliases;       /* lista di nomi alternativi dell'host */
        int h_addrtype;         /* tipo di indirizzo dell'host (AF_INET) */
        int h_length;           /* dimensione in byte dell'indirizzo */
        char **h_addr_list;     /* lista degli indirizzi corrispondenti al
                                   nome dell'host (network byte order) */
        #define h_addr h_addr_list[0]    /* primo indirizzo dell'host */
};
```



Funzioni per la risoluzione dei nomi (2)

- In caso di errore, gethostbyname() restituisce NULL e imposta la variabile globale h_errno ad un valore corrispondente all'errore (ad es. HOST_NOT_FOUND)
  - Per conoscere l'errore, occorre valutare il valore di h_errno
  - In alternativa, si può usare la funzione herror()

- Per determinare il nome di un host corrispondente ad un dato indirizzo IP (risoluzione inversa)

```
struct hostent *gethostbyaddr(const char *addr, int length, int addrtype);
```

length: dimensione in byte di addr

addrtype: tipo di indirizzo dell'host (AF_INET)

Esempio di risoluzione dei nomi

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <netdb.h>
#include <stdio.h>
…
  struct hostent *hp;
  struct sockaddr_in sin;
  if ((hp = gethostbyname(argv[1])) == NULL) {
    herror("errore in gethostbyname");
    exit(1);
  }
  memset((void *)&sin, 0, sizeof(sin));
  sin.sin_family = hp->h_addrtype;
  memcpy(&sin.sin_addr, hp->h_addr, hp->h_length);
          /* oppure sin.sin_addr = *(struct in_addr *) hp->h_addr; */
  printf("Host name %s\n", hp->h_name);
  printf("IP address %s\n", inet_ntoa(sin.sin_addr));
…
```

Funzioni rientranti

- Una funzione è rientrante se può essere interrotta in un punto qualunque della sua esecuzione ed essere chiamata da un altro thread senza che questo comporti nessun problema nell'esecuzione della funzione
  - Problematica tipica della programmazione multi-thread
  - Una funzione che usa soltanto variabili locali è rientrante
  - Una funzione che usa memoria non nello stack (ad es. variabile globale) non è rientrante
  - Una funzione che usa un oggetto allocato dinamicamente può essere rientrante o meno
- Nella *glibc* due macro per il compilatore (_REENTRANT e _THREAD_SAFE) che attivano le versioni rientranti delle funzioni di libreria
  - Versione rientrante identificate dal suffisso _r

Funzioni rientranti (2)

- gethostbyname() non è una funzione rientrante
  - La struttura hostent è allocata in un'area statica di memoria, che può essere sovrascritta da due chiamate successive della funzione
- Per risolvere il problema si può:
  - Allocare una struttura hostent e passarne l'indirizzo usando la versione rientrante gethostbyname_r()
  - Oppure usare la funzione getipnodebyname(), che alloca dinamicamente la struttura hostent
    - Occorre invocare la funzione freehostent() per deallocare la memoria occupata dalla struttura hostent una volta che questa non serve più

Nomi dei protocolli

- I nomi dei protocolli supportati da un host sono memorizzati in un file (ad es., /ect/protocols in Linux)
- Per determinare informazioni corrispondenti al nome di un protocollo

  struct protoent *getprotobyname(const char *name);
- Dichiarazione dei prototipi delle funzioni e degli altri simboli in netdb.h
- Struttura protoent

```
struct protoent {
  char *p_name;     /* nome ufficiale del protocollo */
  char **p_aliases; /* nomi alternativi del protocollo */
  int p_proto;      /* numero del protocollo (in network byte
                       order); da usare per l'argomento protocol in
                       socket() */
};
```


Funzioni per altri servizi di risoluzione

- Esistono anche altre funzioni del tipo getXXXbyname e getXXXbyaddr per interrogare gli altri servizi di risoluzione dei nomi
- XXX = serv: per risolvere i nomi dei servizi noti (ad es. smtp, http, …) definiti in Linux nel file /etc/services
  - getservbyname() risolve il nome di un servizio nel corrispondente numero di porta
  - Usa la struttura servent che contiene i relativi dati
- XXX = net: per risolvere i nomi delle reti

Server TCP iterativo (o sequenziale)

- Gestisce una connessione alla volta
  - Mentre è impegnato a gestire la connessione con un determinato client, possono arrivare altre richieste di connessione
  - Il SO stabilisce le connessioni con i client; tuttavia queste rimangono in attesa di servizio nella coda di backlog finché il server non è libero
- Più semplice da progettare, implementare e mantenere (e meno diffuso)
- Adatto in situazioni in cui:
  - il numero di client da gestire è limitato
  - il tempo di servizio per un singolo client è limitato (vedi esempio daytime)

Struttura di un server TCP iterativo

```
int listensd, connsd;

listensd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
bind(listensd, …);
listen(listensd, …);
for (; ;) {
        connsd = accept(listensd, …);
        do_it(connsd);   /* serve la richiesta */
        close(connsd);   /* chiude il socket di connessione */
}
```

Esempio: contatore accessi

- Esempio di applicazione TCP con server iterativo
  - il server conta il numero di client che accedono al suo servizio
  - il client contatta il server per conoscere tale numero
  - messaggio ASCII stampabile

count_client

apre la connessione con il server
ripete finché *end-of-file*:
    ricevi testo
    stampa caratteri ricevuti
chiude la connessione
esce

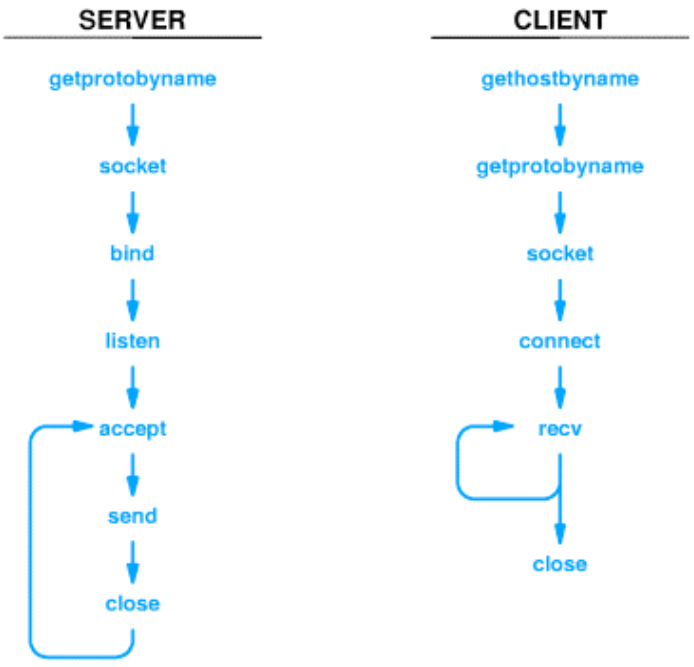
count_server

crea socket d'ascolto e si pone in attesa
ripete *forever*:
    accetta nuova connessione, usa socket di connessione
    incrementa il contatore ed invia il messaggio
    chiude il socket di connessione

Esempio: contatore accessi (2)

Uso delle funzioni nell'esempio:

- Il client chiude il socket dopo l'uso
- Il server non chiude mai il socket d'ascolto; chiude il socket di connessione dopo aver risposto al client



Client TCP count

```
/* countTCP_client.c - code for example client program that uses TCP */

#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <netdb.h>

#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>

#define PROTOPORT       5193          /* default protocol port number */

/* Syntax:    count_client [ host [port] ]
              host  - name of a computer on which server is executing
              port  - protocol port number server is using */
```


Client TCP count (2)

```
int main(int argc, char **argv)
{
  struct   hostent  *ptrh;              /* pointer to a host table entry */
  struct   protoent *ptrp;              /* pointer to a protocol table entry  */
  struct   sockaddr_in sad;             /* structure to hold an IP address  */
  int      sd;                          /* socket descriptor */
  int      port;                        /* protocol port number */
  char    *host;                        /* pointer to host name */
  int      n;                           /* number of characters read */
  char     buf[1000];                   /* buffer for data from the server */
  char     localhost[] = "localhost";   /* default host name */

  memset((void *)&sad, 0, sizeof(sad));        /* clear sockaddr structure */
  sad.sin_family = AF_INET;                    /* set family to Internet */

  /* Check command-line argument for protocol port and extract
     port number if one is specified.  Otherwise, use the default
     port value given by constant PROTOPORT */

  if (argc > 2) port = atoi(argv[2]);     /* if protocol port specified convert to binary */
  else port = PROTOPORT;                  /* use default port number */
```

Client TCP count (3)

```
  if (port > 0)                         /* test for legal value */
    sad.sin_port = htons(port);
  else {                                /* print error message and exit */
    fprintf(stderr,"bad port number %s\n",argv[2]);
    exit(1); }

  /* Check host argument and assign host name. */
  if (argc > 1) host = argv[1];         /* if host argument specified  */
  else host = localhost;

  /* Convert host name to equivalent IP address and copy to sad. */
  ptrh = gethostbyname(host);
  if (ptrh == NULL ) {
    herror("gethostbyname");
    exit(1); }
  memcpy(&sad.sin_addr, ptrh->h_addr, ptrh->h_length);

 /* Map TCP transport protocol name to protocol number. */
  if ( (ptrp = getprotobyname("tcp")) == NULL) {
    fprintf(stderr, "cannot map \"tcp\" to protocol number");
    exit(1);  }
```


Client TCP count (4)

```
  /* Create a socket. */
  if ((sd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, ptrp->p_proto)) < 0) {
    perror("socket creation failed");
    exit(1); }

  /* Connect the socket to the specified server. */
  if (connect(sd, (struct sockaddr *)&sad, sizeof(sad)) < 0) {
    perror("connect failed");
    exit(1);  }

 /* Repeatedly read data from socket and write to user's screen. */
  n = recv(sd, buf, sizeof(buf), 0);
  while (n > 0) {
    write(1, buf, n);
    n = recv(sd, buf, sizeof(buf), 0);
  }

  close(sd);
  exit(0);
}
```

Server TCP count

```
/* countTCP_server.c - code for example server program that uses TCP */

#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <netdb.h>

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <unistd.h>

#define PROTOPORT       5193      /* default protocol port number */
#define BACKLOG         10        /* size of request queue */

int     visits      =   0;        /* counts client connections */

/* Syntax:    count_server [ port ]
              port  - protocol port number to use */
```


Server TCP count (2)

```
int main(int argc, char **argv)
{
  struct   protoent *ptrp;     /* pointer to a protocol table entry */
  struct   sockaddr_in sad;  /* structure to hold server's address */
  struct   sockaddr_in cad;  /* structure to hold client's address */
  int      listensd, connsd;  /* socket descriptors */
  int      port;              /* protocol port number */
  int      alen;              /* length of address */
  char     buf[1000];         /* buffer for string the server sends */

  memset((void *)&sad, 0, sizeof(sad)); /* clear sad */
  sad.sin_family = AF_INET;             /* set family to Internet */
  sad.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY); /* set the local IP address */

  /* Check command-line argument for protocol port and extract
     port number if one is specified.  Otherwise, use the default
     port value given by constant PROTOPORT. */

  if (argc > 1) port = atoi(argv[1]);     /* if argument specified convert to binary */
  else port = PROTOPORT;                  /* use default port number    */
```

Server TCP count (3)

```
if (port > 0) sad.sin_port = htons(port);         /* test for illegal value */
else {                                  /* print error message and exit */
  fprintf(stderr,"bad port number %s\n",argv[1]);
  exit(1); }

/* Map TCP transport protocol name to protocol number */
if ( (ptrp = getprotobyname("tcp")) == NULL) {
   fprintf(stderr, "cannot map \"tcp\" to protocol number");
   exit(1); }

/* Create a socket */
if ((listensd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, ptrp->p_proto)) < 0) {
  perror("socket creation failed");
  exit(1); }

/* Bind a local address to the socket */
if (bind(listensd, (struct sockaddr *)&sad, sizeof(sad)) < 0) {
  perror("bind failed");
  exit(1); }
```


Server TCP count (4)

```
/* Specify size of request queue */
if (listen(listensd, BACKLOG) < 0) {
  perror("listen failed");
  exit(1); }

/* Main server loop - accept and handle requests */
while (1) {
  alen = sizeof(cad);
  if ( (connsd=accept(listensd, (struct sockaddr *)&cad, &alen)) < 0) {
    perror("accept failed");
    exit(1); }
  visits++;
  snprintf(buf, sizeof(buf), "This server has been contacted %d time%s\n",
                        visits, visits==1?".":"s.");
  if (write(connsd, buf, strlen(buf)) != strlen(buf)) {
    perror("error in write");
    exit(1); }

  close(connsd);
 } /* end while */
}
```

Server TCP ricorsivo (o concorrente)

- Gestisce più client (connessioni) nello stesso istante
- Utilizza una copia (processo/thread) di se stesso per gestire ogni connessione
  - Analizziamo l'uso della chiamata di sistema fork() per generare un processo figlio che eredita una connessione con un client
- I processi server padre e figlio sono eseguiti contemporaneamente sulla macchina server
  - Il processo figlio gestisce la specifica connessione con un dato client
  - Il processo padre può accettare la connessione con un altro client, assegnandola ad un altro processo figlio per la gestione
- Il numero massimo di processi figli che possono essere generati dipende dal SO

Struttura di un server TCP ricorsivo

```
int listensd, connsd;
pid_t pid;

listensd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
bind(listensd, …);
listen(listensd, …);
for (; ;) {
        connsd = accept(listensd, …);
        if ( (pid = fork()) == 0) {   /* processo figlio */
                close(listensd);      /* chiude il socket d'ascolto */
                do_it(connsd);        /* serve la richiesta */
                close(connsd);        /* chiude il socket di connessione */
                exit(0);              /* termina */
        }
        close(connsd);   /* il padre chiude il socket di connessione */
}
```

N.B.: nessuna delle due chiamate a close() evidenziate in rosso causa l'innesco della sequenza di chiusura della connessione TCP perché il numero di riferimenti al descrittore non si è annullato

fork()

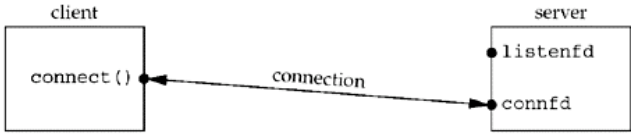
```
pid_t fork(void);
```

- Permette di creare un nuovo processo figlio
  - È una copia esatta del processo padre
  - Eredita tutti i descrittori del processo padre
- In caso di successo restituisce un risultato sia al padre che al figlio
  - Al padre restituisce il **pid** (*process id*) del figlio
  - Al figlio restituisce 0
- Il processo figlio è una *copia* del padre
  - Riceve una copia dei segmenti testo, dati e stack
  - Esegue esattamente lo stesso codice del padre
  - La memoria è copiata (non condivisa!): quindi padre e figlio vedono valori diversi delle stesse variabili

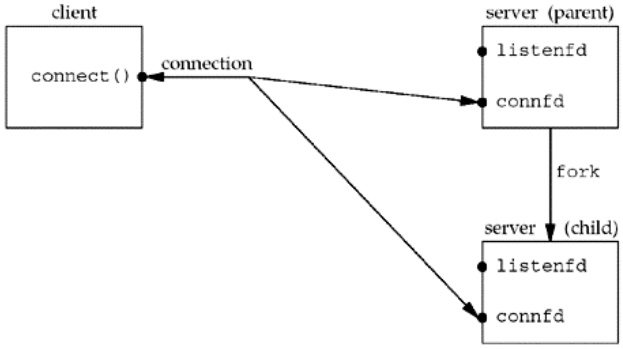
Socket e server ricorsivo

1. Stato del client e del server prima che il server chiami accept()

2. Dopo il ritorno di accept()

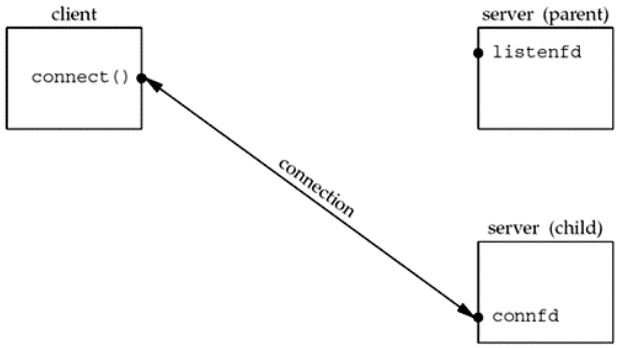


3. Dopo il ritorno di fork()



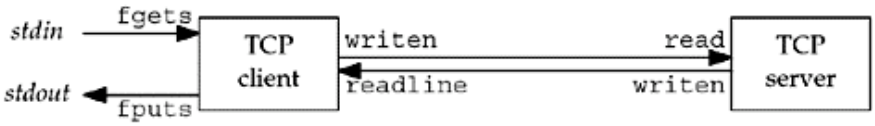
Socket e server ricorsivo (2)

4. Dopo close() sui socket opportuni in padre e figlio
   - Il padre chiude il socket di connessione
   - Il figlio chiude il socket di ascolto



Applicazione echo con server ricorsivo

- Echo: il server replica un messaggio inviato dal client
- Il client legge una riga di testo dallo standard input e la invia al server
- Il server legge la riga di testo dal socket e la rimanda al client
- Il client legge la riga di testo dal socket e la invia allo standard output



echo_server.c

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <strings.h>
#include <time.h>

#define SERV_PORT       5193
#define BACKLOG         10
#define MAXLINE         1024
…..
int main(int argc, char **argv)
{
```


echo_server.c (2)

```
  pid_t                 pid;
  int                   listensd, connsd;
  struct sockaddr_in    servaddr, cliaddr;
  int                   len;

  if ((listensd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0) {
    perror("errore in socket");
    exit(1); }

  memset((char *)&servaddr, 0, sizeof(servaddr));
  servaddr.sin_family = AF_INET;
  servaddr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
  servaddr.sin_port = htons(SERV_PORT);

  if ((bind(listensd, (struct sockaddr *)&servaddr, sizeof(servaddr))) < 0) {
    perror("errore in bind");
    exit(1); }
```

echo_server.c (3)

```
if (listen(listensd, BACKLOG) < 0 ) {
  perror("errore in listen");
  exit(1);
}

for ( ; ; ) {
  len = sizeof(cliaddr);
  if ((connsd = accept(listensd, (struct sockaddr *)&cliaddr, &len)) < 0) {
    perror("errore in accept");
    exit(1);
  }

  if ((pid = fork()) == 0) {
    if (close(listensd) == -1) {
      perror("errore in close");
      exit(1); }
    printf("%s:%d connesso\n", inet_ntoa(cliaddr.sin_addr),
                                          ntohs(cliaddr.sin_port));
```


echo_server.c (4)

```
    str_srv_echo(connsd);  /* svolge il lavoro del server */

    if (close(connsd) == -1) {
      perror("errore in close");
      exit(1);
    }
    exit(0);
  } /* end fork */

  if (close(connsd) == -1) {          /* processo padre */
    perror("errore in close");
    exit(1);
  }
 } /* end for */
}
```

echo_server.c (5)

```
void str_srv_echo(int sockd)
{
  int        nread;
  char       line[MAXLINE];

  for ( ; ; ) {
    if ((nread = readline(sockd, line, MAXLINE)) == 0)
                        /* readline restituisce il numero di byte letti */
      return; /* il client ha chiuso la connessione e inviato EOF */

    if (writen(sockd, line, nread)) {
     fprintf(stderr, "errore in write");
     exit(1);
    }
  }
}
```


echo_client.c

```
int main(int argc, char **argv)
{
  int                       sockfd;
  struct sockaddr_in        servaddr;

  if (argc != 2) {
    fprintf(stderr, "utilizzo: echo_client <indirizzo IP server>\n");
    exit(1);
  }
  if ((sockfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0) {
    perror("errore in socket");
    exit(1);
  }
  memset((void *)&servaddr, 0, sizeof(servaddr));
  servaddr.sin_family = AF_INET;
  servaddr.sin_port = htons(SERV_PORT);
  if (inet_pton(AF_INET, argv[1], &servaddr.sin_addr) <= 0) {
    fprintf(stderr, "errore in inet_pton per %s", argv[1]);
    exit(1);
  }
```

echo_client.c (2)

```
if (connect(sockfd, (struct sockaddr *) &servaddr, sizeof(servaddr)) < 0) {
    perror("errore in connect");
    exit(1);
  }

  str_cli_echo(stdin, sockfd);          /* svolge il lavoro del client */

  close(sockfd);

  exit(0);
}
```


echo_client.c (3)

```
void str_cli_echo(FILE *fd, int sockd)
{
  char     sendline[MAXLINE], recvline[MAXLINE];
  int      n;

  while (fgets(sendline, MAXLINE, fd) != NULL) {
    if ((n = writen(sockd, sendline, strlen(sendline))) < 0) {
      perror("errore in write");
      exit(1);
    }

    if ((n = readline(sockd, recvline, MAXLINE)) < 0) {
      fprintf(stderr, "errore in readline");
      exit(1);
    }

   fputs(recvline, stdout);
  }
}
```

Analisi applicazione echo

- Il comando netstat permette di ottenere informazioni sullo stato delle connessioni instaurate
  - Opzione -a: per visualizzare anche lo stato dei socket non attivi (in stato LISTEN)
  - Opzione -Ainet: per specificare la famiglia di indirizzi Internet
  - Opzione -n: per visualizzare gli indirizzi numerici (invece di quelli simbolici) degli host e delle porte
- Negli esempi seguenti client e server sulla stessa macchina
- Client, processo server padre, processo server figlio

```
$ netstat -a -Ainet -n
Proto Recv-Q Send-Q Local Address      Foreign Address    State
tcp        0      0 127.0.0.1:5193     127.0.0.1:1232     ESTABLISHED
tcp        0      0 127.0.0.1:1232     127.0.0.1:5193     ESTABLISHED
tcp        0      0 0.0.0.0:5193       0.0.0.0:*          LISTEN
```


Analisi applicazione echo (2)

- Il comando ps (*process state*) permette di ottenere informazioni sullo stato dei processi
  - Opzione l: formato lungo
  - Opzione w: output largo

```
$ ps lw
F   UID   PID  PPID PRI  NI    VSZ   RSS WCHAN  STAT TTY        TIME COMMAND
000   501 31276 31227   1   0   1080   296 wait_f S    pts/2      0:00 echo_server
044   501 31308 31276   1   0   1084   360 tcp_re S    pts/2      0:00 echo_server
000   501 31393 31166   9   0   1084   336 read_c S    pts/1      0:00 echo_client 127.0.0.1
```

wait_for_connect

read_chan

Analisi applicazione echo (3)

- Il client termina (Control-D)

```
$ netstat -a -Ainet -n
Proto Recv-Q Send-Q Local Address      Foreign Address    State
tcp        0      0 127.0.0.1:1232     127.0.0.1:5193     TIME_WAIT
tcp        0      0 0.0.0.0:5193       0.0.0.0:*          LISTEN

$ ps lw
F   UID   PID  PPID PRI  NI    VSZ   RSS WCHAN  STAT TTY        TIME COMMAND
000   501 31276 31227   1   0   1080   296 wait_f S    pts/2      0:00 echo_server
044   501 31308 31276   1   0   1084   360 do_exit Z    pts/2      0:00 [echo_server <defu
```

zombie

I segnali

- I segnali sono interruzioni software inviate ad un processo
- Permettono di notificare ad un processo l'occorrenza di qualche evento asincrono
  - Inviati dal kernel o da un processo
  - Usati dal kernel per notificare situazioni eccezionali (ad es. errori di accesso, eccezioni aritmetiche)
  - Usati anche per notificare eventi (ad es. terminazione di un processo figlio)
  - Usati anche come forma elementare di IPC
- Ogni segnale ha un nome, che inizia con SIG; ad es.:
  - SIGCHLD: inviato dal SO al processo padre quando un processo figlio è terminato o fermato
  - SIGALRM: generato quando scade il timer impostato con la funzione alarm()
  - SIGKILL: per terminare immediatamente (kill) il processo
  - SIGSTOP: per fermare (stop) il processo
  - SIGUSR1 e SIGUSR2: a disposizione dell'utente per implementare una forma di comunicazione tra processi

Gestione dei segnali

- Un processo può decidere quali segnali gestire
  - Ovvero le notifiche di segnali che accetta
  - Per ogni segnale da gestire, deve essere definita un'apposita funzione di gestione (**signal handler**)
- Il segnale viene consegnato al processo quando viene eseguita l'azione per esso prevista
- Per il tempo che intercorre tra la generazione del segnale e la sua consegna al processo, il segnale rimane *pendente*
- Ogni segnale ha un gestore (handler) di default
  - Alcuni segnali non possono essere ignorati e vengono gestiti sempre (SIGKILL e SIGSTOP)
  - Alcuni segnali vengono ignorati per default (es. SIGCHLD)
    - Tale comportamento può tuttavia essere modificato

Gestione dei segnali (2)

- Per tutti i segnali non aventi un'azione specificata che è fissa, il processo può decidere di:
  - Ignorare il segnale
  - Catturare il segnale
  - Accettare l'azione di default propria del segnale
- La scelta riguardante la gestione del segnale può essere specificata mediante le funzioni signal() e sigaction()
- Per approfondimenti vedere GaPiL (Guida alla Programmazione in Linux)

Segnale SIGCHLD

- Quando un processo termina (evento asincrono) il kernel manda un segnale SIGCHLD al padre ed il figlio diventa zombie
  - Mantenuto dal SO per consentire al padre di controllare il valore di uscita del processo e l'utilizzo delle risorse del figlio
  - Per default, il padre ignora il segnale SIGCHLD ed il figlio rimane zombie finché il padre non termina
- Per evitare di riempire di zombie la tabella dei processi bisogna fornire un handler per SIGCHLD
- Il processo zombie viene rimosso quando il processo padre chiama le funzioni wait() o waitpid()

wait() e waitpid()

```
pid_t wait(int *statloc);
pid_t waitpid(pid_t pid, int *statloc, int options);
```

- Definite in sys/wait.h
- Restituiscono il pid e il valore di uscita del processo figlio che è finito
  - Consentono al processo zombie di essere rimosso
- Caratteristiche di wait()
  - Sospende il padre finché non termina un qualunque figlio
  - Non accoda i segnali ricevuti durante l'esecuzione
    - Alcuni processi restano zombie
- Caratteristiche di waitpid()
  - Non bloccante (se opzione WNOHANG)
  - Permette di specificare quale figlio attendere sulla base del valore dell'argomento pid
    - WAIT_ANY (oppure -1) per il primo che termina
  - Chiamata all'interno di un ciclo, consente di catturare tutti i segnali

Handler per SIGCHILD

```
#include <signal.h>
#include <sys/wait.h>
void sig_chld_handler(int signum)
{
  int      status;
  pid_t    pid;

  while ((pid = waitpid(WAIT_ANY, &status, WNOHANG)) > 0)
    printf ("child %d terminato\n", pid);
  return;
}
```

waitpid ritorna 0 quando non c'è nessun figlio di cui non è stato ancora ricevuto dal padre lo stato di terminazione

- Quando un figlio termina e lancia il segnale SIGCHILD, waitpid() lo cattura e restituisce il pid; il processo figlio può essere rimosso

Attivazione dell'handler

```
#include <signal.h>
#include <sys/wait.h>

typedef void Sigfunc(int);
Sigfunc *signal(int signum, Sigfunc *func)
{
  struct sigaction   act, oldact;

  act.sa_handler = func;
  sigemptyset(&act.sa_mask);
  act.sa_flags = 0;
  if (signum != SIGALRM)
    act.sa_flags |= SA_RESTART;
  if (sigaction(signum, &act, &oldact) < 0)
    return(SIG_ERR);
  return(oldact.sa_handler);
}
```

void (*signal (int signo, void (*func) (int))) (int);

signal() attiva l'handler: prende in ingresso il numero del segnale ed il puntatore all'handler

la struttura sigaction memorizza informazioni riguardanti la manipolazione del segnale

insieme di segnali bloccati durante l'esecuzione dell'handler

la funzione sigaction() prende in ingresso una struttura con il puntatore all'handler, una maschera di segnali da mascherare e vari flag e installa l'azione per il segnale

flag SA_RESTART per far ripartire le chiamate di sistema "lente" interrotte dal segnale

echo_server con gestione SIGCHLD

```
…
 if ((listensd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0) {
   fprintf(stderr, "errore in socket");
   exit(1); }
…
 if ((bind(listensd, (struct sockaddr *)&servaddr, sizeof(servaddr))) < 0) {
   fprintf(stderr, "errore in bind");
   exit(1); }
 if (listen(listensd, QLEN) < 0) {
   fprintf(stderr, "errore in listen");
   exit(1); }
 if (signal(SIGCHLD, sig_chld_handler) == SIG_ERR) {
   fprintf(stderr, "errore in signal");
   exit(1); }
…
```


echo_server con gestione EINTR

```
…

for ( ; ; ) {
  len = sizeof(cliaddr);
  if ((connsd = accept(listensd, (struct sockaddr *)&cliaddr, &len)) < 0) {
    if (errno == EINTR)
          continue;          /* riprende da for */
   else {
          perror("errore in accept");
          exit(1);
   }
  }
  …
```

Progettazione di applicazioni di rete robuste

- Nel progettare applicazioni di rete robuste si deve tener conto di varie situazioni anomale che si potrebbero verificare (la rete è inaffidabile!)

- Nell'applicazione echo due situazioni critiche:
  - Terminazione precoce della connessione effettuata dal client (invio RST) prima che il server abbia chiamato accept()
  - Terminazione precoce del server, ad esempio del processo figlio per un errore fatale: il server non ha il tempo di mandare nessun messaggio al client
- Per la soluzione delle due situazioni critiche vedi Stevens o GaPiL

Gestione SIGALRM

- Per evitare che un client UDP o un server UDP rimangono indefinitamente bloccati su recvfrom() si può usare il segnale di allarme SIGALRM
- E' il segnale del timer dalla funzione alarm()

  unsigned int alarm(unsigned int seconds);
  - alarm() predispone l'invio di SIGALRM dopo *seconds* secondi, calcolati sul tempo reale trascorso (il clock time)
  - Restituisce il numero di secondi rimanenti all'invio dell'allarme programmato in precedenza
  - alarm(0) per cancellare una programmazione precedente del timer

Client UDP daytime con SIGALRM

```
#define TIMEOUT             20
void sig_alrm_handler(int signo)
{
}
…
int main(int argc, char *argv[ ])
{
  …
  struct sigaction sa;
  …
  sa.sa_handler = sig_alrm_handler;        /* installa il gestore del segnale */
  sa.sa_flags = 0;
  sigemptyset(&sa.sa_mask);
  if (sigaction(SIGALRM, &sa, NULL) < 0) {
    fprintf(stderr, "errore in sigaction");
    exit(1);
  }
  if ((sockfd = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, 0)) < 0) { /* crea il socket */
    fprintf(stderr, "errore in socket");
    exit(1);
  }
```


Client UDP daytime con SIGALRM (2)

```
  …
  /* Invia al server il pacchetto di richiesta*/
    if (sendto(sockfd, NULL, 0, 0, (struct sockaddr *) &servaddr,
       sizeof(servaddr)) < 0) {
      fprintf(stderr, "errore in sendto");
      exit(1);
    }
    alarm(TIMEOUT);
    n = recvfrom(sockfd, recvline, MAXLINE, 0 , NULL, NULL);
    if (n < 0) {
      if (errno != EINTR) alarm(0);
      fprintf(stderr, "errore in recvfrom");
      exit(1);
    }
    alarm(0);
  …
```

Funzioni bloccanti e soluzioni

- La funzione accept() e le funzioni per la gestione dell'I/O (ad es., read() e write()) sono bloccanti
  - Ad es., read() e recv() rimangono in attesa finché non vi sono dati da leggere disponibili sul descrittore del socket
- Server ricorsivo tradizionale:
  - Il server si blocca su accept() aspettando una connessione
  - Quando arriva la connessione, il server effettua fork(), il processo figlio gestisce la connessione ed il processo padre si mette in attesa di una nuova richiesta
- Soluzioni possibili:
  - Usare le opzioni dei socket per impostare un timeout
  - Usare un socket non bloccante tramite la funzione fnctl() nel modo seguente

    fcntl(sockfd, F_SETFL, O_NONBLOCK);
    - Polling del socket per sapere se ci sono informazioni da leggere

Funzioni bloccanti e soluzioni (2)

- Soluzione alternativa:
  - Usare la funzione select() che permette di esaminare più canali di I/O contemporaneamente e realizzare quindi il **multiplexing dell'I/O**
- Nel caso del server
  - Invece di avere un processo figlio per ogni richiesta, c'è un solo processo che effettua il multiplexing tra le richieste, servendo ciascuna richiesta il più possibile
  - Vantaggio: il server può gestire tutte le richieste tramite un singolo processo
    - No memoria condivisa e primitive di sincronizzazione
  - Svantaggio: il server non può agire come se ci fosse un unico client, come avviene con la soluzione del server ricorsivo che utilizza fork()
- Nel caso del client
  - Può gestire più input simultaneamente
    - Ad es., il client echo gestisce due flussi di input: lo standard input ed il socket
    - Usando select(), il primo dei due canali che produce dati viene letto

Funzione select()

```
int select (int numfds, fd_set *readfds, fd_set *writefds,
            fd_set *exceptfds, struct timeval *timeout);
```

- Header file

  sys/time.h, sys/types.h, unistd.h
- Permette di controllare contemporaneamente lo stato di uno o più descrittori degli insiemi specificati
- Si blocca finché:
  - non avviene un'attività (lettura o scrittura) su un descrittore appartenente ad un dato insieme di descrittori
  - non viene generata un'eccezione
  - non scade un timeout
- Restituisce
  - -1 in caso di errore
  - 0 se il timeout è scaduto
  - Altrimenti, il numero totale di descrittori pronti

Parametri della funzione select()

- Insiemi di descrittori da controllare
  - readfds: pronti per operazioni di lettura
    - Es: un socket è pronto per la lettura se c'è una connessione in attesa che può essere accettata con accept()
  - writefds: pronti per operazioni di scrittura
  - exceptfds: per verificare l'esistenza di eccezioni
    - un'eccezione non è un errore (ad es., l'arrivo di dati urgenti fuori banda, caratteristica specifica dei socket TCP)
- readfds, writefds e exceptfds sono puntatori a variabili di tipo fd_set
  - fd_set è il tipo di dati che rappresenta l'insieme dei descrittori (è una bit mask implementata con un array di interi)
- numfds è il numero massimo di descrittori controllati da select()
  - Se maxd è il massimo descrittore usato, numfds = maxd + 1
  - Può essere posto uguale alla costante FD_SETSIZE

Timeout della funzione select()

- timeout specifica il valore massimo che la funzione select() attende per individuare un descrittore pronto

```
struct timeval {
  long tv_sec;          /* numero di secondi */
  long tv_usec;         /* numero di microsecondi */
};
```

- Se impostato a NULL (timeout == NULL)
  - si blocca indefinitamente fino a quando è pronto un descrittore
- Se impostato a zero (timeout->tv_sec == 0 && timeout->tv_usec == 0 })
  - non si attende affatto; modo per effettuare il polling dei descrittori senza bloccare
- Se diverso da zero (timeout->tv_sec != 0 || timeout->tv_usec != 0 })
  - si attende il tempo specificato
  - select() ritorna se è pronto uno (o più) dei descrittori specificati (restituisce un numero positivo) oppure se è scaduto il timeout (restituisce 0)

Operazioni sugli insiemi di descrittori

- Macro utilizzate per manipolare gli insiemi di descrittori

```
void FD_ZERO(fd_set *set);
```

  - Inizializza l'insieme di descrittori di *set* con l'insieme vuoto

```
void FD_SET(int fd, fd_set *set);
```

  - Aggiunge *fd* all'insieme di descrittori *set*, mettendo ad 1 il bit relativo a *fd*

```
void FD_CLR(int fd, fd_set *set);
```

  - Rimuove *fd* dall'insieme di descrittori *set*, mettendo ad 0 il bit relativo a *fd*

```
int FD_ISSET(int fd, fd_set *set);
```

  - Al ritorno di select(), controlla se *fd* appartiene all'insieme di descrittori *set*, verificando se il bit relativo a *fd* è pari a 1 (restituisce 0 in caso negativo, un valore diverso da 0 in caso affermativo)

Descrittori pronti in lettura

- La funzione select() rileva i descrittori pronti
  - Significato diverso per i tre gruppi (lettura, scrittura, eccezione)
- Un descrittore è pronto in lettura nei seguenti casi:
  - Nel buffer di ricezione del socket sono arrivati dati in quantità sufficiente (soglia minima per default pari a 1, modificabile con opzione del socket SO_RCVLOWAT)
  - Per il lato in lettura è stata chiusa la connessione
    - select() ritorna con quel descrittore di socket pari a “pronto per la lettura” (a causa di EOF)
    - Quando si effettua read() su quel socket, read() restituisce 0
  - Si è verificato un errore sul socket
  - Se un socket è nella fase di listening e ci sono delle connessione completate
    - E’ possibile controllare se c’è una nuova connessione completata ponendo il descrittore del socket d’ascolto nell’insieme readfds

Descrittori pronti in scrittura

- Un descrittore è pronto in scrittura nei seguenti casi:
  - Nel buffer di invio del socket è disponibile uno spazio in quantità sufficiente (soglia minima per default pari a 2048, modificabile con opzione del socket SO_SNDLOWAT) ed il socket è già connesso (TCP) oppure non necessita di connessione (UDP)
  - Per il lato in scrittura è stata chiusa la connessione (segnale SIGPIPE generato dall’operazione di scrittura)
  - Si è verificato un errore sul socket

Multiplexing dell'I/O nel server

- Il multiplexing dell'I/O può essere usato sul server per ascoltare su più socket contemporaneamente
  - Un unico processo server (iterativo) ascolta sul socket di ascolto e sui socket di connessione

- Struttura generale di un server che usa select()
  - riempire una struttura fd_set con i descrittori dai quali si intende leggere
  - riempire una struttura fd_set con i descrittori sui quali si intende scrivere
  - chiamare select() ed attendere finché non avviene qualcosa
  - quando select() ritorna, controllare se uno dei descrittori ha causato il ritorno. In questo caso, servire il descrittore in base al tipo di servizio offerto dal server (ad es., lettura della richiesta per una risorsa Web)
  - ripetere il ciclo forever

Client TCP echo con select

- Il client deve controllare due diversi descrittori in lettura
  - Lo standard input, da cui legge il testo da inviare al server
  - Il socket connesso con il server, su cui scriverà il testo e dal quale riceverà la risposta
- L'implementazione con I/O multiplexing consente al client di accorgersi di errori sulla connessione mentre è in attesa di dati immessi dall'utente sullo standard input
- La fase iniziale in cui viene stabilita la connessione è analoga al caso precedente (vedere codice client_echo.c)

Client TCP echo con select (2)

```
void str_cli_echo_sel(FILE *fd, int sockfd)
{
  int               maxd, n;
  fd_set            rset;
  char              sendline[MAXLINE], recvline[MAXLINE];

  FD_ZERO(&rset);          /* inizializza a 0 il set dei descrittori in lettura */
  for ( ; ; ) {
    FD_SET(fileno(fd), &rset);  /* inserisce il descrittore del file (stdin) */
    FD_SET(sockfd, &rset);     /* inserisce il descrittore del socket */
    maxd = (fileno(fd) < sockfd) ? (sockfd + 1): (fileno(fd) + 1);
    if (select(maxd, &rset, NULL, NULL, NULL) < 0 ) { /* attende descrittore pronto
      in lettura */
      perror("errore in select");
      exit(1);
    }
```


Client TCP echo con select (3)

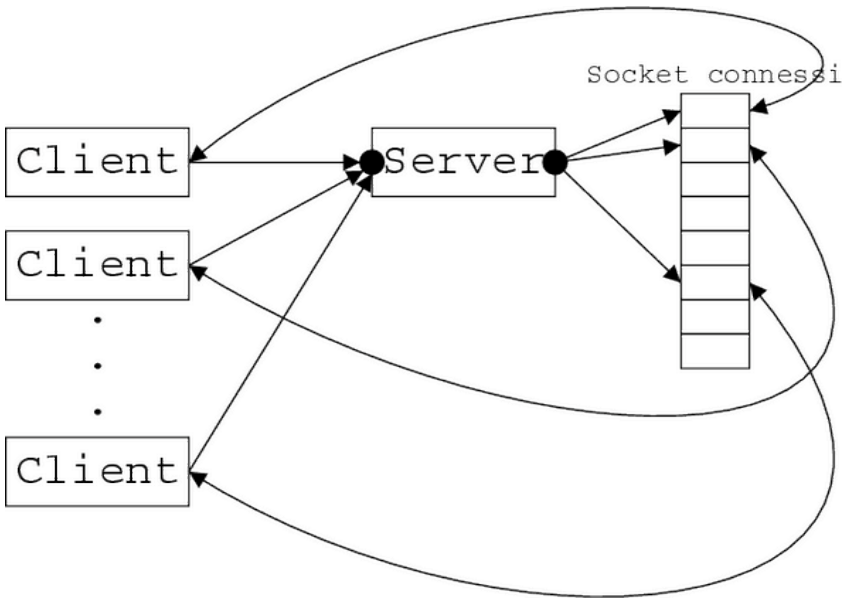
```
    /* Controlla se il file (stdin) è leggibile */
    if (FD_ISSET(fileno(fd), &rset)) {
      if (fgets(sendline, MAXLINE, fd) == NULL)
        return; /* non vi sono dati perché si è concluso l'utilizzo del client */
      if ((writen(sockfd, sendline, strlen(sendline))) < 0) {
        fprintf(stderr, "errore in write");
        exit(1);
      }
    }
```

Client TCP echo con select (4)

```
    /* Controlla se il socket è leggibile */
    if (FD_ISSET(sockfd, &rset)) {
      if ((n = readline(sockfd, recvline, MAXLINE)) < 0) {
        fprintf(stderr, "errore in lettura");
        exit(1);
      }
      if (n == 0) {
        fprintf(stdout, "str_cli_echo_sel: il server ha chiuso la connessione");
        return;
      }
      /* Stampa su stdout */
     recvline[n] = 0;
     if (fputs(recvline, stdout) == EOF) {
        perror("errore in scrittura su stdout");
        exit(1);
      }
    }
  }
}
```


Server TCP echo con select

- Schema del server TCP echo basato sull'I/O multiplexing



Server TCP echo con select (2)

```
#include "basic.h"
#include "echo_io.h"

int main(int argc, char **argv)
{
  int                   listensd, connsd, socksd;
  int                   i, maxi, maxd;
  int                   ready, client[FD_SETSIZE];
  char                  buff[MAXLINE];
  fd_set                rset, allset;
  ssize_t               n;
  struct sockaddr_in    servaddr, cliaddr;
  int                   len;

  if ((listensd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0) {
    perror("errore in socket");
    exit(1);
  }
```


Server TCP echo con select (3)

```
  memset((void *)&servaddr, 0, sizeof(servaddr));
  servaddr.sin_family = AF_INET;
  servaddr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
  servaddr.sin_port = htons(SERV_PORT);

  if ((bind(listensd, (struct sockaddr *)&servaddr, sizeof(servaddr))) < 0) {
    perror("errore in bind");
    exit(1);
  }

  if (listen(listensd, QLEN) < 0 ) {
    perror("errore in listen");
    exit(1);
  }

  /* Inizializza il numero di descrittori */
  maxd = listensd;   /* maxd è il valore massimo dei descrittori in uso */
  maxi = -1;
```

Server TCP echo con select (4)

```
/* L'array di interi client contiene i descrittori dei socket connessi */
for (i = 0; i < FD_SETSIZE; i++)
  client[i] = -1;

FD_ZERO(&allset); /* Inizializza a zero l'insieme dei descrittori */
FD_SET(listensd, &allset); /* Inserisce il descrittore di ascolto */

for ( ; ; ) {
  rset = allset;  /* Imposta il set di descrittori per la lettura */
  /* ready è il numero di descrittori pronti */
  if ((ready = select(maxd+1, &rset, NULL, NULL, NULL)) < 0) {
    perror("errore in select");
    exit(1);
  }
  /* Se è arrivata una richiesta di connessione, il socket di ascolto
     è leggibile: viene invocata accept() e creato un socket di connessione */
  if (FD_ISSET(listensd, &rset)) {
    len = sizeof(cliaddr);
```


Server TCP echo con select (5)

```
  if ((connsd = accept(listensd, (struct sockaddr *)&cliaddr, &len)) < 0) {
      perror("errore in accept");
      exit(1);
    }

    /* Inserisce il descrittore del nuovo socket nel primo posto libero di client */
    for (i=0; i<FD_SETSIZE; i++)
      if (client[i] < 0) {
        client[i] = connsd;
        break;
      }
    /* Se non ci sono posti liberi in client, errore */
    if (i == FD_SETSIZE) {
      fprintf(stderr, "errore in accept");
      exit(1);
    }
```

Server TCP echo con select (6)

```
    /* Altrimenti inserisce connsd tra i descrittori da controllare
       ed aggiorna maxd */
    FD_SET(connsd, &allset);
    if (connsd > maxd) maxd = connsd;
    if (i > maxi) maxi = i;
    if (--ready <= 0) /* Cicla finché ci sono ancora descrittori da controllare */
     continue;
   }
   /* Controlla i socket attivi per controllare se sono leggibili */
   for (i = 0; i <= maxi; i++) {
    if ( (socksd = client[i]) < 0 )
      /* Se il descrittore non è stato selezionato, viene saltato */
      continue;
    if (FD_ISSET(socksd, &rset)) {
     /* Se socksd è leggibile, invoca la readline */
      if ((n = readline(socksd, buff, MAXLINE)) == 0) {
        /* Se legge EOF, chiude il descrittore di connessione */
        if (close(socksd) == -1) {
```


Server TCP echo con select (7)

```
        perror("errore in close");
        exit(1);
        }
        /* Rimuove socksd dalla lista dei socket da controllare */
      FD_CLR(socksd, &allset);
      /* Cancella socksd da client */
      client[i] = -1;
    }
    else /* echo */
        if (writen(socksd, buff, n) < 0 ) {
         fprintf(stderr, "errore in write");
         exit(1);
        }
        if (--ready <= 0) break;
    }
   }
  }
}
```